

ANALISA BEBAN KENDARAAN TERHADAP DERAJAT KERUSAKAN JALAN DAN UMUR SISA

Dian Novita Sari

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya
(Jl. Raya Prabumulih KM 32 Indralaya, Sumatera Selatan)

ABSTRAK

Pada ruas jalan Bts Prov Jambi – Peninggalan, Sumatera Selatan kendaraan yang melintas terkadang tidak sesuai dengan beban angkut maksimum yang diizinkan meskipun dengan adanya Pos Pemeriksaan Terpadu (PPT) di sekitar daerah tersebut, hal ini menyebabkan pembebanan berlebihan pada perkerasan jalan yang dapat secara langsung mempengaruhi umur rencana suatu ruas jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak beban overloading kendaraan dan derajat kerusakan pada struktur perkerasan jalan. Pada perhitungan ini akan didapat perhitungan umur sisa pelayanan pada ruas jalan, menganalisis umur rencana perkerasan berdasarkan hasil kumulatif ESAL pada masing-masing beban kendaraan, dan menghitung derajat kerusakan jalan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa kendaraan yang melanggar Muatan Sumbu Terberat (MST) banyak terjadi. Pada golongan 4 banyaknya kendaraan yang melanggar kelebihan muatan 25% - 60% sebanyak 16 kendaraan/tahun. Pada golongan 6b banyaknya kendaraan yang melanggar kelebihan muatan 25% - >60% sebanyak 28 kendaraan/tahun. Pada golongan 7a banyaknya kendaraan yang melanggar kelebihan muatan 25%-60% sebanyak 29 kendaraan/tahun. Sedangkan untuk golongan 7c hanya 1 kendaraan yang melanggar/tahun. Dari hasil perhitungan nilai derajat kerusakan jalan pada kendaraan overloading didapatkan bahwa truk 2 as yang memiliki beban >20 ton hampir sama 2 – 3 as tunggal yang lewat, truk 2 as yang memiliki beban >30 ton hampir sama dengan 30-31 as tunggal yang lewat, dan truk 3 as yang memiliki beban >40 ton hampir sama dengan 12-13 ton 2 as tunggal yang lewat. Dari hasil perhitungan umur sisa (*remaining life*) diketahui bahwa dalam keadaan normal dengan n selama 10 tahun didapat umur sisa 99,955% yang dapat diartikan bahwa jalan tersebut masih aman untuk 10 tahun kedepan. Sedangkan dalam keadaan kendaraan yang kelebihan muatan sesuai dengan aslinya didapat umur sisa 48,393% yang dapat diartikan bahwa jalan tersebut masih aman untuk 10 tahun kedepan.

Kata kunci : *overloading, sisa umur, derajat kerusakan jalan.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumatera Selatan terdiri dari kawasan industri seperti pertanian, perkebunan, dan yang lainnya, hal ini yang menyebabkan banyaknya kendaraan besar seperti truk, tronton, dan sebagainya banyak melintas di jalan provinsi untuk mengangkut barang-barang agar sampai ditempat tujuan. Dengan adanya jalan provinsi, yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten/kota, pembangunan jalan ini telah memberikan sumbangan yang tinggi terhadap perkembangan ekonomi di Provinsi Sumatera Selatan. Perkembangan ekonomi tersebut diikuti dengan pertumbuhan lalu lintas yang terjadi, baik dari segi jumlah kendaraan ataupun dari beban yang diangkut. *Overloading* merupakan suatu kondisi dimana kendaraan membawa muatan lebih dari batas muatan yang telah ditetapkan baik ketentuan dari kendaraan maupun jalan.

Tingkat kerusakan jalan akibat pembebanan muatan lebih (*excessive overloading*) sebelum umur teknis jalan tercapai, sehingga hal ini akan membutuhkan biaya tambahan untuk mempertahankan fungsi jalan tersebut dan mengurangi alokasi dana untuk jalan yang lain pada akhirnya pengelolaan seluruh jaringan jalan akan terganggu. Untuk menghitung jumlah

kelebihan muatan tersebut, maka digunakan jembatan timbang.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka rumusan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

- Bagaimana dampak kerusakan jalan yang terjadi jika muatan berlebih pada jalan
- Bagaimana nilai derajat kerusakan jalan dari beban *overload* pada jalan.
- Bagaimana mencari sisa umur (*remaining life*) perkerasan jalan dengan beban yang terjadi pada jalan.

1.3. Tujuan Penelitian

- Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk :
- Mengetahui seberapa banyak pelanggaran MST yang terjadi disetiap PPT (Pos Pemeriksaan Terpadu).
 - Mendapatkan nilai derajat kerusakan jalan dari beban *overload* pada jalan
 - Mendapatkan hasil umur sisa (*remaining life*) perkerasan jalan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Jalan

Jalan merupakan suatu akses penghubung asal tujuan, untuk mengangkut atau memindahkan orang atau barang dari suatu tempat ke tempat lain.

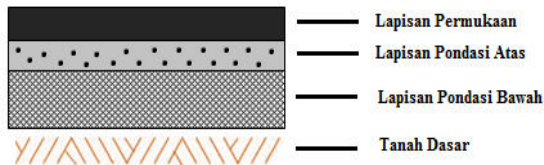
Terdapat beberapa jenis / tipe perkerasan terdiri :

1. *Flexible pavement* (perkerasan lentur).
2. *Rigid pavement* (perkerasan kaku).
3. Perkerasan Komposit.

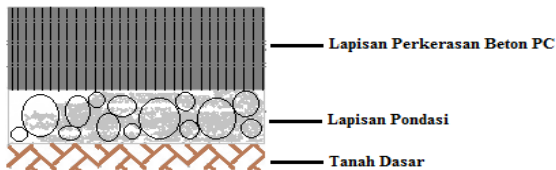
2.2. Perkerasan Lentur

Perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal, yang sifatnya lentur terutama pada saat panas. Aspal dan agregat ditebar di jalan pada suhu tinggi (sekitar 100°C). Perkerasan lentur menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang dipadatkan melalui beberapa lapisan sebagai berikut :

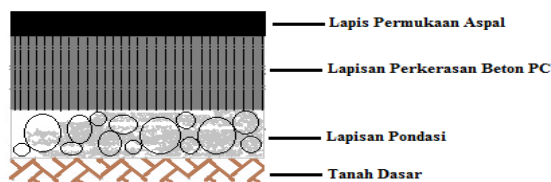
1. Lapisan permukaan
2. Lapisan pondasi atas
3. Lapisan pondasi bawah
4. Lapisan tanah dasar



Gambar 1. Lapisan Perkerasan Jalan Lentur



Gambar II. Lapisan Perkerasan Kaku



Gambar III. Lapisan Perkerasan Komposit

2.3. Kerusakan Jalan Akibat Beban Berlebih

Secara definisi beban berlebih (overloading) adalah suatu kondisi beban gandar kendaraan melebihi beban standar yang digunakan pada asumsi desain perkerasan jalan atau jumlah lintasan operasional sebelum umur rencana tercapai ,atau sering disebut dengan kerusakan dini.

2.4. Kriteria Perencanaan

Lalu lintas adalah semua kendaraan yang melewati jalan raya. Lalu lintas yang beragam baik ukuran, berat total, konfigurasi dan beban sumbunya. Menurut kelompoknya yang umum dapat

dibedakan yaitu motor, mobil penumpang, bus, truk ringan, truk sedang, truk berat, mobil gandeng (trailer). Berat total maksimum setiap kendaraan, konfigurasi sumbu dan distribusi beban sumbu telah ditetapkan menjadi aturan lalu lintas pemerintah (Bina Marga)..

2.4.1. Muatan Sumbu Terberat

Muatan sumbu adalah jumlah tekanan roda dari satu sumbu kendaraan terhadap jalan. Beban tersebut selanjutnya didistribusikan ke pondasi jalan, bila daya dukung jalan tidak mampu menahan muatan sumbu maka jalan akan rusak. Oleh karena itu ditetapkanlah Muatan Sumbu Terberat (MST) yang bisa melalui suatu kelas jalan tertentu.

Tabel 1. Kelas Jalan Berdasarkan MST

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (MST – ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	8
Lokal	IIIC	8

2.4.2. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu penampang tertentu pada suatu ruas jalan tertentu dalam satuan waktu tertentu. Volume lalu lintas rata-rata adalah jumlah kendaraan rata-rata dihitung menurut satu satuan waktu tertentu.

2.4.3. Pertumbuhan Lalu Lintas

Pertumbuhan lalu lintas adalah pertambahan atau perkembangan lalu lintas dari tahun ke tahun selama umur rencana.

$$LHR_n = LHR_1 \times (1+i)^n$$

$$i = \sqrt[n]{\frac{LHR_1}{LHR_n}}$$

i : Faktor Pertumbuhan

n : Tahun ke- n

LHR_0 : LHR tahun awal

LHR_n : LHR tahun ke- n

2.4.4. Angka Ekuivalen Sumbu

Konstruksi perkerasan jalan menerima beban lalu lintas yang dilimpahkan dari roda-roda kendaraan. Besarannya beban yang dilimpahkan beban tersebut tergantung dari berat total berat kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan perkerasan, kecepatan kendaraan, dan lain-lain. Sehingga efek tiap kendaraan terhadap kerusakan berbeda-beda oleh karna itu perlu adanya beban standar sehingga semua beban lainnya dapat disertakan dengan beban standar tersebut yang merupakan beban sumbu tunggal beroda ganda seberat 18.000 lbs (8,16 ton).

Bina Marga memberikan rumus ekivalen beban sumbu sebagai berikut :

$$E \text{ sumbu tunggal} = \left(\frac{\text{beban sumbu tunggal (kg)}}{8160} \right)^4$$

$$E \text{ sumbu ganda} = \left(\frac{\text{beban sumbu ganda (kg)}}{8160} \right)^4 \times 0,086$$

2.4.4. Faktor Kerusakan Jalan

Perencanaan konstruksi jalan didasarkan atas prakiraan beban lalu lintas yang melewatinya dengan mengkonversi satuan mobil penumpang (SMP), beban per roda kendaraan, dan jumlah roda kendaraan. Sesuai dengan fungsi jalan, beban maksimum ditetapkan antara 8 ton sampai 12 ton, sehingga secara teoritis masa layanan dapat diperhitungkan.

$$D = (AL/SAL)^4$$

2.6. Umur sisa perkerasan (*remaining life*) dengan Perhitungan Lendutan Balik

Berdasarkan lendutan balik yang ada (sebelum dibari lapis ulang) dan grafik hubungan antara lendutan balik yang diijinkan dengan garis lendutan kritis/failure akan diperoleh AE18 KSAL yang diizinkan

Menentukan faktor umur rencana dengan rumus

$$:RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right]$$

Dimana:

RL : *Remaining Life* (%)

N_p : *Total traffic* yang telah melewati perkerasan (ESAL)

$N_{1,5}$: *Total traffic* pada kondisi perkerasan berakhir (*failure*) (ESAL)

2.7. Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan yaitu :

2.7.1. Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan pada Struktur Rigid Pavement Terhadap Umur Rencana Perkerasan (Studi Kasus Ruas Jalan Simp Lago – Sorek Km 77 S/D 78

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Leo Sentosa dan Asri Awal Roza (2012). Dilatar belakangi oleh kerusakan yang terjadi pada jalan yang ada di Riau dimana 45% kerusakan tersebut disebabkan oleh beban berlebih dari kendaraan. Oleh karna itu, pemerintah meninggikan badan jalan 1-3 m dan jenis konstruksinya menggunakan struktur rigid pavement .

Berat kendaraan dibagi berdasarkan distribusi beban sumbu kendaraan yang sesuai dengan jenis/golongan kendaraan. Angka ekivalen didapatkan dengan menyubstitusikan beban sumbu kendaraan pada Analisis kumulatif ESAL. Dari perhitungan ini akan didapatkan nilai kumulatif ESAL pada tahun pertama jalan dibuka sampai dengan akhir umur rencana. Analisis umur sisa pelayanan perkerasan akan didapatkan yaitu membandingkan nilai ESAL pada tahun survey

dengan nilai ESAL pada akhir umur rencana. Dari analisis ini akan didapat besar persentase umur sisa dari perkerasan.

Berdasarkan hasil analisis dampak beban overloading kendaraan pada struktur rigid pavement terhadap umur rencana perkerasan, maka di dapat penurunan umur rencana berakhir pada tahun ke 12, atau terjadi penurunan umur layan sebesar 8 tahun.

2.7.2. Evaluasi Struktur Perkerasan Jalan Menggunakan Data Berat Beban Kendaraan dari Jembatan Timbang

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Wita Meutia dan Leo Sentosa (2012) Penelitian ini melakukan studi untuk mengevaluasi perencanaan tebal perkerasan jalan dan menghitung penurunan umur rencana Siberida-Batas Jambi dengan menggunakan berat beban kendaraan dari jembatan timbang. Serta menghitung penurunan umur rencana yang terjadi pada ruas jalan tersebut.

Berat kendaraan dibagi berdasarkan berat distribusi beban sumbu kendaraan yang sesuai dengan jenis / golongan kendaraan. Perhitungan angka ekivalen didapatkan dengan mensubstitusikan beban sumbu kendaraan. Tergantung dari jenis metode yang digunakan kumulatif ESAL dianalisis dengan memasukan nilai LHR dan nilai ekivalen yang didapat pada masing-masing skenario, dari perhitungan ini akan didapat nilai kumulatif ESAL pada tahun pertama jalan dibuka sampai dengan akhir umur rencana. Analisis sisa umur rencana dengan membandingkan nilai ESAL pada tahun dilakukan survey dengan nilai ESAL pada akhir nilai umur rencana.

Penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa sisa umur rencana jalan untuk masing-masing skenario diperoleh penurunan sisa umur rencana jalan terbesar yaitu skenario 16 sebesar 6,94 % dan semakin besar muatan sumbu yang terjadi maka daya rusak (*damage factor*) roda kendaraan terhadap perkerasan jalan juga semakin bertambah.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tinjauan Umum

Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir adalah:

- Mulai
- Kajian Pustaka
- Pengumpulan data, yaitu data primer dan sekunder
- Pengolahan data
- Analisa penelitian
- Hasil akhir

3.2. Kajian Pustaka

Studi literatur yang dilakukan dengan mempelajari penelitian yang telah dilakukan oleh Leo Sentosa (2012 dan 2013)

3.3. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data di dalam melakukan penelitian ini menggunakan 2 metode, yaitu data primer dan data sekunder. Berikut penjelasan dari masing-masing pengumpulan data :

3.3.1. Data Primer

Data primer digunakan untuk mendapatkan data yang berasal dari pengamatan atau responden secara langsung dengan petugas di area Pos Pemeriksaan Terpadu. Pengumpulan data primer menggunakan metode wawancara dan pengumpulan foto-foto.

Wawancara yang dilakukan di wilayah studi ditujukan untuk petugas yang bekerja di sekitar PPT dengan tujuan mendapatkan informasi berupa jumlah kendaraan, berat kendaraan dan sanksi yang dilakukan apabila kendaraan tersebut apabila melebihi batas yang telah diizinkan. Selain metode wawancara, metode lain yang dilakukan dalam pengumpulan data adalah pengumpulan foto. Pengumpulan foto yang diambil langsung di PPT terdiri dari foto keadaan kendaraan yang sedang ditimbang, Foto jembatan timbang dalam keadaan kosong, foto keadaan lapangan jembatan timbang, dll.

3.3.2. Data Sekunder

Data sekunder yang dilakukan dalam penelitian ini dengan cara mencari data-data yang telah tersedia di lembaga atau instansi yang terkait, dalam penelitian ini didapat data berat kendaraan masing-masing dari Pos Pemeriksaan Terpadu (PPT) oleh Dinas Perhubungan Provinsi Sumatera Selatan dan Lalu-lintas Harian Rata-rata (LHR) dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kota Palembang, serta kajian pustaka sebagai referensi dalam penulisan tugas akhir.

3.4. Prosedur Perhitungan Sisa Umur Perkerasan

Adapun langkah perhitungannya yaitu :

1. Mencari angka ekuivalen masing-masing jenis kendaraan.
2. Menghitung nilai AE 18 KSAL dengan menggunakan angka ekuivalen masing – masing jenis kendaraan, adapun rumus untuk menghitung nilai AE 18 KSAL yaitu:

$$(ESAL) W_{18} = \sum_{j=1}^n LHR_j \times VDF_j \times D_D \times D_L \times 365$$
3. Mencari sisa umur jalan (n) dengan rumus :

$$:RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right]$$

3.6. Prosedur Menghitung Nilai Derajat Kerusakan Jalan (DKJ) dari Beban *Overloading* pada Jalan

Berikut ini adalah prosedur perhitungan nilai derajat kerusakan jalan dari beban *overloading* pada jalan :

1. Mencari beban truk yang akan dihitung

2. Menghitung pembagian beban pada masing-masing sumbu kendaraan
3. Menghitung nilai derajat kerusakan jalan menggunakan rumus, yaitu :

$$DKJ = \left(\frac{AL}{SAL} \right)^4$$

4. Kemudian dari hasil perhitungan diambil kesimpulan .

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Sisa Umur Perkerasan Jalan

4.1.1. Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Volume lalu lintas didapat dari data BinaMarga dan untuk data berat kendaraan didapat dari Dinas Perhubungan Sumatera Selatan. Berdasarkan hasil data LHR pada tahun 2012 dan 2013, LHR pada ruas jalan Bts Prov Jambi-Peninggalan adalah sbb:

Tabel 2. Volume Lalu Lintas (kendaraan/hari)

No	Kendaraan	Tahun 2012	Tahun 2013	Satuan
1	Golongan 2	584	613	Kend/hari
2	Golongan 3	886	930	Kend/hari
3	Golongan 4	690	710	Kend/hari
4	Golongan 5	726	663	Kend/hari
5	Golongan 6	1873	1684	Kend/hari
6	Golongan 7	515	572	Kend/hari
LHR (kend/hari/2lajur)		5274	5188	Kend/hari

Sumber : Data LHR BinaMarga

4.2.2. Angka Pertumbuhan Volume Lalu Lintas

Besarnya angka pertumbuhan volume lalu lintas pada ruas jalan dari tahun 2012 – 2013 dapat dilihat pada Tabel 3.

Nama Ruas	LHR (smp/hari)		Pertumbuhan
	2012	2013	
Batas Provinsi Jambi - Peninggalan	5274	5188	1.016

Berdasarkan nilai pertumbuhan tersebut diatas didapat nilai pertumbuhan pertahun (i) tahun 2013 dengan tahun 2012 pada ruas jalan batas Provinsi Jambi – Peninggalan yaitu sebesar 1.016.

4.2.3. Perhitungan Umur Sisa Perkerasan

a. Perhitungan umur sisa perkerasan dengan keadaan normal.

Tabel IV.15 Kumulatif ESAL dalam keadaan normal

NO	TAHUN	KUMULATIF ESAL
1	2013	1077143.123
2	2014	3252386.723
3	2015	7644801.191
4	2016	16514259.504
5	2017	34423997.034
6	2018	70588263.221
7	2019	143612726.708
8	2020	291066314.402
9	2021	588808610.450
10	2022	1190015448.002
11	2023	2403978436.102

Sumber: Hasil Perhitungan

$$RL = 100 \times 1 - \left(\frac{1077143,123}{2403978436,102} \right) = 99,955 \%$$

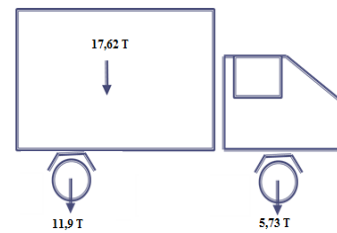
b. Perhitungan umur sisa perkerasan dengan keadaan kendaraan berlebih

NO	TAHUN	KUMULATIF ESAL
1	2013	1132681,876
2	2014	3418732,847
3	2015	8038802,086
4	2016	17375979,236
5	2017	36246649,453
6	2018	74385160,753
7	2019	151465729,123
8	2020	307252621,897
9	2021	622115770,473
10	2022	1258497558,241
11	2023	2544727807,602

$$RL = 100 \times 1 - \left(\frac{2544727807,602}{2403978436,102} \right) = 99,955 \%$$

4.4.3. Nilai Derajat Kerusakan Jalan (DKJ) dari Beban Overloading pada Jalan

Perencanaan konstruksi jalan didasarkan atas prakiraan beban lalu lintas yang melewatinya dengan mengkonversi satuan mobil penumpang (SMP), sesuai dengan fungsi jalan sebagai jalan nasional beban maksimum ditetapkan 10 ton, sehingga secara teoritis masa layanan dapat diperhitungkan.

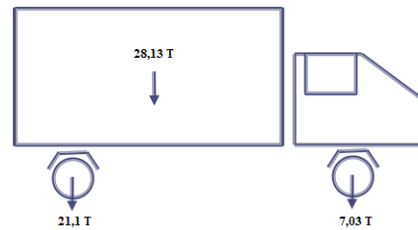


Gambar 4. Truk 2 sumbu >20 ton

$$DKJ \text{ roda bagian depan} = \left(\frac{5,37}{10} \right)^4 = 0,164$$

$$DKJ \text{ roda bagian belakang} = \left(\frac{12,37}{10} \right)^4 = 2,341$$

$$\text{Jumlah} = 2,505$$

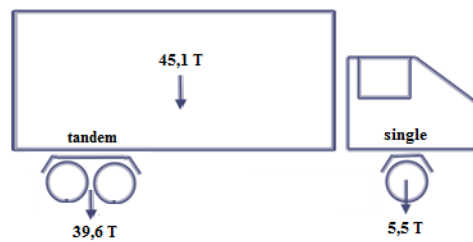


Gambar 5. Truk 2 sumbu >30 ton

$$DKJ \text{ roda bagian depan} = \left(\frac{7,81}{10} \right)^4 = 0,372$$

$$DKJ \text{ roda bagian belakang} = \left(\frac{23,42}{10} \right)^4 = 30,084$$

$$\text{Jumlah} = 30,456$$



Gambar 6. Truk 3 sumbu >40 ton

$$DKJ \text{ roda bagian depan} = \left(\frac{7,65}{10} \right)^4 = 0,342$$

$$DKJ \text{ roda bagian belakang} = 0,086 \left(\frac{34,84}{10} \right)^4 = 12,671$$

$$\text{Jumlah} = 13,013$$

Dari perhitungan yang telah dihitung maka diketahui bahwa pada masing-masing truk 2 as >20 ton, truk 2 as >30 ton, dan truk 3 as >40 ton yang memiliki muatan berlebih tidak terlalu berpengaruh terhadap kerusakan jalan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian pada ruas jalan Bts Prov Jambi-Peninggalan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa kendaraan yang melanggar Muatan Sumbu Terberat (MST) banyak terjadi. Pada golongan 4 banyaknya

- kendaraan yang melanggar kelebihan muatan 25% - 60% sebanyak 16 kendaraan/tahun. Pada golongan 6b banyaknya kendaraan yang melanggar kelebihan muatan 25% - >60% sebanyak 28 kendaraan/tahun. Pada golongan 7a banyaknya kendaraan yang melanggar kelebihan muatan 25%-60% sebanyak 29 kendaraan/tahun. Sedangkan untuk golongan 7c hanya 1 kendaraan yang melanggar/tahun.
2. Dari hasil perhitungan nilai derajat kerusakan jalan pada kendaraan *overloading* didapatkan bahwa truk 2 as yang memiliki beban >20 ton hampir sama 2 – 3 as tunggal yang lewat, truk 2 as yang memiliki beban >30 ton hampir sama dengan 30-31 as tunggal yang lewat, dan truk 3 as yang memiliki beban >40 ton hampir sama dengan 12-13 ton 2 as tunggal yang lewat.
 3. Dari hasil perhitungan umur sisa (*remaining life*) diketahui bahwa dalam keadaan normal dengan n selama 10 tahun didapat umur sisa 99,955% yang dapat diartikan bahwa jalan tersebut masih aman untuk 10 tahun kedepan. Sedangkan dalam keadaan kendaraan yang kelebihan muatan sesuai dengan aslinya didapat umur sisa 48,393%.

5.2. Saran

1. Diperlukan kesadaran dari pengguna jalan untuk menaati peraturan yang telah ditetapkan.
2. Dilakukan pengawasan yang optimal terhadap kendaraan yang melanggar dari ketentuan yang telah ditentukan agar tercapainya umur rencana yang diharapkan.
3. Perlunya tindakan tegas terhadap pengguna kendaraan agar tidak

memodifikasi/membuat truk yang dapat mengakibatkan kelebihan MST sesuai dengan kapasitas jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Sukirman, Silvia. 2010. Perencanaan tebal Struktur Perkerasan Lentur. Nova
- Sentosa, Leo. Roza, Asri A. 2012. *Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan pada Struktur Rigid Pavement Terhadap Umur Rencana Perkerasan*, Pekanbaru.
- Sentosa, Leo. Meutia, Wita. 2013. *Evaluasi Struktur Perkerasan Jalan Menggunakan Data Berat Beban Kendaraan dari Jembatan Timbang*. Pekanbaru.
- Septarina, Heni. 2014. Analisis Dampak Beban Overloading Kendaraan pada struktur Flexible Pavement. Palembang
- PP Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan